

⑤1

Int. Cl. 2-

H 01 B 3/52

①9 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

⑪

Auslegeschrift 24 43 398

⑫

Aktenzeichen: P 24 43 398.5-34

⑬

Anmeldetag: 11. 9. 74

⑭

Offenlegungstag: 20. 3. 75

⑮

Bekanntmachungstag: 3. 8. 78

③0

Unionspriorität:

⑫ ⑬ ⑭

17. 9. 73 Schweden 7312606

⑤4

Bezeichnung: Kabel, dessen Isolierung aus vielen Schichten Papierband besteht

⑦1

Anmelder: ASEA AB, Västerås (Schweden)

⑦4

Vertreter: Boecker, J., Dr.-Ing., Pat.- u. Rechtsanw., 6000 Frankfurt

⑦2

Erfinder: Zausznica, Adam, Dr.-Ing., Stockholm

⑤6

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-PS 4 82 364

DE 24 43 398 B 2

Fig. 1

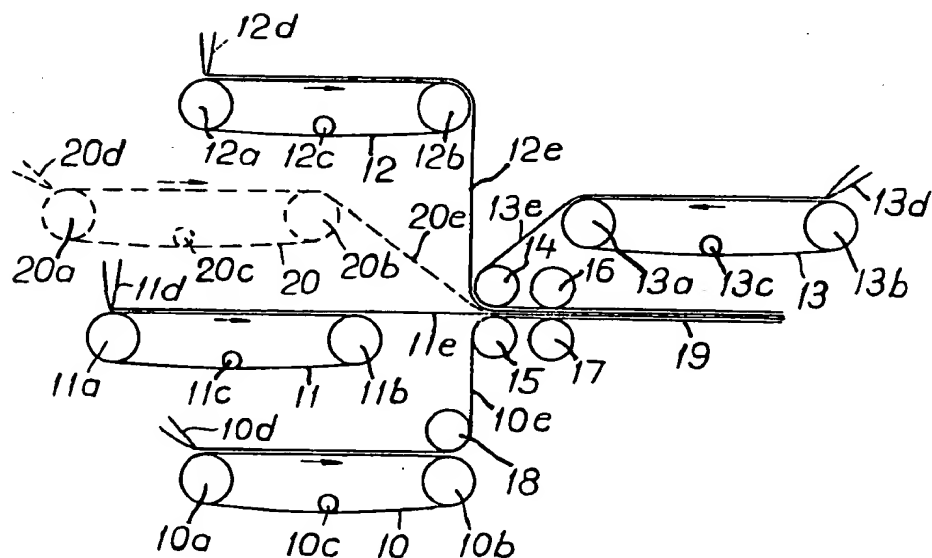
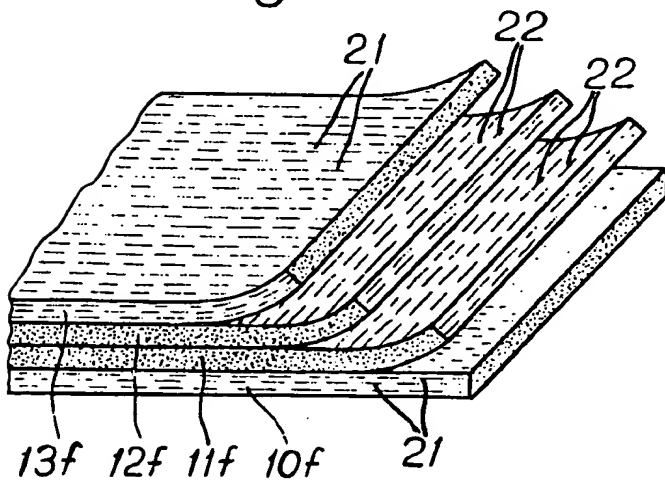


Fig. 2



Patentansprüche:

1. Kabel, dessen Isolierung aus vielen Schichten Papierband besteht, dadurch gekennzeichnet, daß das Papierband zumindest teilweise aus wenigstens zwei Papierschichten (10f, 11f, 12f, 13f) aufgebaut ist, die mittels Fasern (21, 22), welche in oder an beiden Schichten verankert sind, punktwise oder stellenweise miteinander verbunden sind.

2. Kabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern, die die Schichten in dem zusammengesetzten Papierband miteinander verbinden, aus Zellulose bestehen.

3. Kabel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Papierbänder zwischen den Oberflächen der Schichten in dem zusammengesetzten Papierband Filme aus Öl oder einer anderen isolierenden Flüssigkeit enthalten, mit der die Isolierung imprägniert ist.

4. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Schicht in dem zusammengesetzten Papierband Fasern (21) enthält, die zumindest im wesentlichen in Längsrichtung des Papierbandes orientiert sind und wenigstens eine Schicht, deren Fasern (22) zumindest im wesentlichen in Querrichtung des Papierbandes orientiert sind.

5. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das zusammengesetzte Papierband aus mindestens drei punktwise oder stellenweise miteinander verbundene Schichten besteht, daß zumindest die Fasern der äußeren Schichten zumindest im wesentlichen in Längsrichtung des Papierbandes orientiert sind und daß die Fasern wenigstens einer zwischen den äußeren Schichten liegenden inneren Schicht zumindest im wesentlichen in Querrichtung des Papierbandes orientiert sind.

6. Kabel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das zusammengesetzte Papierband aus vier Schichten besteht, wobei die Fasern der beiden inneren Schichten zumindest im wesentlichen in Querrichtung des Papierbandes orientiert sind.

7. Kabel nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das zusammengesetzte Papierband aus fünf Schichten besteht, wobei die Fasern der beiden äußeren Schichten benachbarten inneren Schichten zumindest im wesentlichen in Querrichtung des Papierbandes orientiert sind und die Fasern der innersten Schicht zumindest im wesentlichen in Längsrichtung des Papierbandes orientiert sind.

8. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das zusammengesetzte Papierband wenigstens eine Schicht mit zumindest im wesentlichen in Querrichtung des Papiers orientierten Fasern hat, welche dicker ist als eine benachbarte Schicht im Papierband, deren Fasern wenigstens im wesentlichen in Längsrichtung des Papierbandes orientiert sind.

9. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die äußeren Schichten des zusammengesetzten Papierbandes nach außen gerichtete Seiten haben, die bei der Herstellung des Papiers auf das Langsieb in einer Papiermaschine dem Sieb zugewendet waren.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Kabel, dessen Isolierung aus vielen Schichten Papierband besteht.

Bei der Herstellung von Hochspannungskabeln mit einer Isolierung aus Papier (Zellulose) wird das Papier in Form von Bändern in einer großen Anzahl von Schichten um den Leiter gewickelt. Die Bänder haben normalerweise eine Breite von 10–15 mm. Das Wickeln erfolgt spiralförmig, wobei in jeder Schicht zwischen zwei benachbarten Windungen ein Spalt freigelassen wird und in der darauffolgenden Schicht das Band die freigelassenen Spalte der darunterliegenden Schicht überdeckt. Es ist üblich, für verschiedene radiale Bereiche (Kreistränge im Querschnitt des Kabels) Papierband unterschiedlicher Dicke zu verwenden. Man verwendet oftmals in der am nächsten am Leiter liegenden Schicht, wo die elektrische Beanspruchung am größten ist, ein dünneres Papierband als im übrigen Teil der Isolierung. Auch in den äußeren Schichten wird in vielen Fällen ein dünneres Papierband als in den direkt darunterliegenden Schichten verwendet. Bei Kabeln für sehr hohe Spannungen kann die Dicke der Papierisolierung bis etwa 20–30 mm betragen. Mit den Papierdicken, die in der Praxis benutzt werden und die ungefähr 50–150 µm betragen, in gewissen Fällen darunter, entsprechen der genannten Isolierungsdicke somit mehreren hundert Schichten Papierband.

Nach dem Aufbringen des Papierbandes wird der papierisierte Leiter in unimprägniertem Zustand auf Trommeln gewickelt oder in Körbe gelegt und dadurch gebogen. Während eines späteren Stadiums in der Kabelherstellung wird die Isolierung nach dem Trocknen unter Vakuum mit Öl oder einer anderen isolierenden Flüssigkeit imprägniert. Die genannte Biegung, und in gewissen Fällen auch ein Biegen des fertigen imprägnierten Kabels, können Falten in der Isolierung verursachen, die zu Rissen in einzelnen Teilen der Isolierung führen können. Es ist bekannt, daß das Papier verhältnismäßig dick sein und einen hohen Elastizitätsmodul in Querrichtung haben muß, damit Papierbänder in angrenzenden Schichten beim Biegen im Verhältnis zueinander gleiten können und dadurch Schäden der beschriebenen Art nach Möglichkeit vermieden werden. Auch das Wickeln der Papierbänder auf den Leiter wird erleichtert, wenn das Papier verhältnismäßig dick ist. Aus mechanisch-technologischen und herstellungstechnischen Gründen ist es somit von Vorteil, wenn das Papier dick ist.

Es ist auch bekannt, daß die Durchschlagsfestigkeit für ölprägniertes Papier mit abnehmender Dicke des Papiers stark zunimmt. Vom Gesichtspunkt der elektrischen Isolierung ist es daher wünschenswert, daß das Papier dünn ist.

Die mechanisch-technologischen und die elektrischen Forderungen an das Papier widersprechen sich somit.

Aus der DE-PS 4 82 364 ist ein Isolierstoff bekannt; bei dem Lackschichten zwischen Faserstoffbahnen, mittels eines Bindemittels angebracht werden, wobei diese Faserstoffbahnen aus Papier bestehen können. Bei einem solchen Isolierband lassen sich die in der Kabeltechnik erforderlichen guten mechanischen und elektrischen Eigenschaften nicht gleichzeitig erreichen. Damit das Lackschichten enthaltende Band beim Biegen des Kabels nicht bricht, insbesondere wenn es über einer Fuge zweier darunterliegender Bandwindungen liegt, muß der Lack so verteilt werden, daß zwischen den Schichten keine kontinuierlichen Filme entstehen. Dies geht jedoch auf Kosten der elektrischen Festigkeit.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Kabel der eingangs genannten Art zu entwickeln, bei dem die Isolierung einerseits dank guter elektrischer Eigenschaften dünn sein kann und andererseits dank guter mechanischer Eigenschaften die Gefahr von Beschädigungen der Isolierung infolge von Biegung und anderen mechanischen Belastungen sehr gering ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Kabel der eingangs genannten Art vorgeschlagen, welches die im kennzeichnenden Teil des Anspruch 1 genannten Merkmale aufweist. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

Die Fasern in den einzelnen Schichten bestehen vorzugsweise aus Zellulosefasern. Die Fasern, über welche die benachbarten Schichten des zusammengesetzten Papierbandes miteinander verbunden sind, sind entweder in den benachbarten Schichten oder an deren Oberfläche verankert. Diese Verankerung kann dadurch erreicht werden, daß die betreffenden Fasern mit Fasern in den Schichten zusammengefilzt sind und/oder daß sie ohne Bindemittel nur an den Oberflächen der Schichten haften. An anderen Stellen der Schichtoberflächen im zusammengesetzten Papierband als dort, wo sie punktuell stellenweise miteinander verbunden sind, sind die Schichten frei voneinander, so daß beim Imprägnieren der Isolierung das Öl oder eine andere isolierende Flüssigkeit Filme zwischen den Oberflächen der Schichten bilden kann. Durch diesen Aufbau des Papiers erhält man ein Material, dessen für die Kabeltechnik wesentlichen mechanischen Eigenschaften denen eines homogenen Papiers von gleicher Dicke wie das zusammengesetzte Papierband nahezu entsprechen und dessen elektrische Eigenschaften denen eines Papiers von gleicher Dicke wie eine einzelne Schicht in dem zusammengesetzten Papierband nahezu entsprechen. Der Teil der Oberfläche einer Schicht, der von den punktuell- oder stellenweisen Verbindungen eingenommen ist, soll zweckmäßigerweise 3–25% der gesamten Oberfläche betragen.

Die Dicke einer jeden Schicht in dem zusammengesetzten Papierband ist zweckmäßigerweise 10–50 µm, vorzugsweise 15–40 µm.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß ein Papierband, das aus mehreren Schichten zusammengesetzt ist, die durch Leimen stellenweise miteinander verbunden sind, nicht die für die Kabelisolation gleichzeitig erforderlichen elektrischen und mechanischen Eigenschaften besitzt.

Durch die Erfindung erhält man eine Kabelisolation von hoher elektrischer Festigkeit und geringer Anfälligkeit gegen mechanische Beanspruchungen. Darüber hinaus erreicht man eine Reihe praktischer Vorteile. Das Wickeln des Papierbandes auf den Leiter wird erleichtert, da die Anzahl der zu wickelnden Windungen geringer ist. Die der Umgebung zugängliche Papierfläche wird kleiner, was die Gefahr einer Verunreinigung des Papiers und damit eine Verschlechterung dessen elektrischer Eigenschaften verringert.

Eine Analyse der materialtechnischen Eigenschaften des Papiers zeigt, daß u. a. der Elastizitätsmodul eines Papierbandes in der Querrichtung von großer Bedeutung für den Herstellungsprozeß der Papierisolation und für die weitere Handhabung des Kabels ist. Um den Elastizitätsmodul des zusammengesetzten Papiers in Querrichtung und somit dessen Schubmodul zu erhöhen, ist es deshalb vorteilhaft, das zusammengesetzte Band mit mindestens einer Schicht aufzubauen, in der die darin enthaltenen Fasern zumindest im wesentlichen in Längsrichtung des Papierbandes orientiert sind sowie

mit mindestens einer Schicht, in der die darin enthaltenen Fasern zumindest im wesentlichen in Querrichtung des Papierbandes orientiert sind.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält das zusammengesetzte Papierband mindestens drei Schichten, von denen zumindest die zwei äußeren Schichten Fasern haben, die zumindest im wesentlichen in Längsrichtung des Papierbandes orientiert sind und zumindest eine zwischen den äußeren Schichten liegende innere Schicht, deren Fasern wenigstens im wesentlichen in Querrichtung des Papierbandes orientiert sind. Wenn das genannte Band aus drei Schichten besteht, sind gemäß dieser Ausführungsform somit die Fasern der beiden äußeren Schichten im wesentlichen in Längsrichtung des Bandes und die der inneren Schicht im wesentlichen in Querrichtung des Bandes orientiert. Dadurch erhält man einen symmetrischen Aufbau des Bandes, was, unabhängig von der Anzahl Schichten, wichtig ist, damit es die gewünschten mechanischen Eigenschaften erhält.

Wenn das Papierband aus vier Schichten besteht, sind bei den beiden äußeren Schichten die Fasern nach wie vor entsprechend der eben beschriebenen Ausführungsform im wesentlichen in Längsrichtung des Bandes und bei den beiden inneren Schichten im wesentlichen in Querrichtung des Bandes orientiert. Wenn das Papierband aus fünf Schichten besteht, sind bei den beiden äußeren Schichten entsprechend der eben genannten Ausführungsform die Fasern im wesentlichen in Längsrichtung des Bandes und die Fasern der beiden den äußeren benachbarten Schichten im wesentlichen in Querrichtung des Bandes orientiert. Die innerste Mittelschicht hat ihre Fasern vorzugsweise im wesentlichen in Längsrichtung des Papiers orientiert, kann sie jedoch alternativ auch im wesentlichen in Querrichtung des Papiers orientiert haben. In beiden Fällen erhält man einen symmetrischen Aufbau des Papiers.

Um in mechanischer Hinsicht optimale Eigenschaften bei einem zusammengesetzten Papierband zu erhalten, in dem die Fasern einer Schicht im wesentlichen in Längsrichtung des Bandes und die einer angrenzenden Schicht im wesentlichen in Querrichtung des Bandes orientiert sind, kann es erforderlich sein, den genannten Schichten verschiedene Dicken zu geben, und zwar meistens der Schicht mit den Fasern in Querrichtung des Bandes die größte Dicke.

Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung haben die äußeren Schichten im Papierband nach außen gerichtete Seiten, die bei der Herstellung des Papiers dem Langsieb in einer Papiermaschine zugewendet waren. Dadurch erhält man ein Band mit kleinerer und gleichmäßigerer Friktionszahl und somit mit geringerer Beschädigungsneigung beim Biegen des Kabels.

Anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele soll die Erfindung näher erläutert werden. Es zeigt

Fig. 1 schematisch eine Anordnung zur Herstellung eines Papiers, das aus mehreren Schichten aufgebaut ist, die punktuell oder stellenweise mittels in der Grenzfläche zwischen den Schichten zusammengefilzter Fasern miteinander verbunden sind,

Fig. 2 ein Band aus einem solchen Papier,

Fig. 3 ein massegetränktes Hochspannungskabel für Gleichstrom gemäß der Erfindung,

Fig. 4 ein ölgetränktes Hochspannungskabel für Wechselstrom gemäß der Erfindung.

In Fig. 1 werden mit ausgezogenen Linien vier

Langsiebe 10, 11, 12 und 13 für Papiermaschinen mit zugehörigen Registerwalzen 10a, 10b, 11a, 11b, 12a, 12b und 13a, 13b und Umlaufrollen 10c, 11c, 12c, 13c gezeigt. Jedes Langsieb wird von seinem Auflaufkasten 10d, 11d, 12d, 13d mit Pulpe aus Zellulose solcher Art gespeist, die man normalerweise bei der Herstellung von Kabelpapier verwendet. Der Ablauf von Pulpe aus den Auflaufkästen 10d und 13d ist so gerichtet und die Breite deren Ausflußspalte ist so bemessen, daß sich die Fasern in der Pulpe hauptsächlich in Transportrichtung des Langsiebs orientieren, d. h. in Längsrichtung des Papiers. Der Ablauf von Pulpe aus den Auflaufkästen 11d und 12d ist so gerichtet und die Breite deren Ausflußspalte so bemessen, daß sich die Fasern in der Pulpe hauptsächlich quer zur Transportrichtung des Langsiebs orientieren, d. h. in Querrichtung des Papiers. Die Schichten 10e, 11e, 12e und 13e, die sich auf den vier Langsieben bilden, werden, wenn sie einen Trockengehalt von 5—15% haben, zwischen den Walzen 14, 15, 16 und 17 (10e unter Verwendung der Umlenkwalze 18) zu einem zusammengesetzten Produkt 19 auf einer gemeinsamen Bahn zusammengeführt und danach auf übliche Weise getrocknet. Dabei wird ein Papier gebildet, in dem benachbarte Schichten punktwise oder stellenweise (d. h. über kleine Flächen) nur mittels Fasern verbunden sind, welche von Anfang an zu den Schichten 10e, 11e, 12e und 13e gehören. Wie aus der Figur hervorgeht, sind die Flächen der äußeren Schichten 10e und 13e, die dem Langsieb 10 bzw. 13 zugewendet waren, in dem zusammengesetzten Produkt 19 nach außen gerichtet. Zumindest bis zu einem gewissen Grad kann man die punkt- oder stellenweise Verbindung der Schichten miteinander auch mit Zusatzfasern, die denjenigen Flächen der Schichten 10e, 11e, 12e und 13e zugeführt werden, die miteinander verbunden werden sollen, erreichen oder verbessern, indem man beispielsweise solche Zusatzfasern auf die Schichten streut. Die Zusatzfasern sind vorzugsweise aus Zellulose und von größerer Länge als die Fasern, die in der Schicht vorhanden sind, bevor die Schichten zwischen den Walzen 14, 15, 16 und 17 zusammengeführt werden, um das zusammengesetzte Produkt 19 zu bilden. Danach werden Papierbänder für die Isolierung von Kabeln hergestellt, indem man das Papier in Längsrichtung der Papierbahn in Streifen schneidet. Ein solches Band ist in Fig. 2 gezeigt.

Möchte man ein Papier herstellen, das fünf Schichten enthält, so wird eine weitere Schicht 20e auf einem Langsieb 20 gewonnen, dessen Auflaufkasten 20d auf gleiche Weise angeordnet ist, wie die Auflaufkästen 10d und 13d, sofern man wünscht, daß die Fasern in der Schicht 20e im wesentlichen in Transportrichtung des Langsiebs gerichtet sind.

Bei dem in Fig. 2 gezeigten Papierband ist das rechte Ende aufgespalten und auseinandergeblättert, um die Struktur des Bandes besser sichtbar zu machen. Das Papierband ist aus den Schichten 10f, 11f, 12f und 13f aufgebaut, die den Schichten 10e, 11e, 12e und 13e in Fig. 1 nach dem Trocknen des zusammengesetzten Produktes 19 entsprechen. Die Richtung der Fasern in den verschiedenen Schichten ist dadurch erkennbar, daß ein Teil der Fasern schematisch dargestellt ist. Die Fasern in Längsrichtung des Papierbandes sind mit 21 und die Fasern in Querrichtung des Papierbandes mit 22 bezeichnet.

Das massegetränkte Kabel gemäß Fig. 3 ist mit Ausnahme der Isolierung auf übliche Weise aufgebaut.

Es hat einen Leiter, der aus mehreren miteinander verseilten Kupferleitern 23 besteht. Der Leiter ist von einer halbleitenden Schicht aus Rußpapier 24 umgeben. Die Isolierung 25 besteht aus einer Umwicklung mit einer großen Anzahl Windungen eines zusammengesetzten Papierbandes gemäß der vorliegenden Erfindung. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist dieses wie das in Fig. 2 gezeigte Band aufgebaut, d. h. es besteht aus vier nur punktwise oder stellenweise miteinander verbundenen Schichten, wobei die Fasern der beiden äußeren Schichten hauptsächlich in Längsrichtung des Bandes und die Fasern der beiden inneren Schichten hauptsächlich in Querrichtung des Bandes orientiert sind. Die Dicke einer jeden äußeren Schicht beträgt 25 µm und die einer jeden inneren Schicht 30 µm. Die Isolierung wird von einer halbleitenden Schicht 26, die aus Rußpapier und metallisiertem Papier besteht, sowie von dem Bleimantel 27 umgeben. Um den Bleimantel befindet sich eine Druckarmierung, bestehend aus spiralförmigen, rostfreien Stahlbändern 28. Auf der Druckarmierung liegt ein Armierungsbett 29 aus Juteband und Asphalt und hierauf eine Längsarmierung für das Kabel aus rostfreien Stahldrähten 30. Das Kabel hat zu äußerst eine schützende Hülle 31 aus Jute und Asphalt. Das Kabel ist mit Öl imprägniert, das bei Zimmertemperatur sehr dickflüssig ist. Die Imprägnierung wird bei erhöhter Temperatur und unter Anwendung von Vakuum und Druck auf die Isolierung durchgeführt, bevor der Bleimantel angebracht wird. Öl ist im gesamten Querschnitt des Kabels innerhalb des Bleimantels vorgesehen.

Auch das in Fig. 4 gezeigte ölfüllte Kabel ist in bekannter Art aufgebaut, mit Ausnahme der Isolierung. Der Leiter besteht aus einem Hohlkern aus Kupfer oder Aluminium, bei dem die einzelnen Leiterteile mit 32 und der Kanal für die Ölzufuhr mit 33 bezeichnet sind. Die übrigen Teile des Kabels können die gleichen sein wie bei dem Kabel gemäß Fig. 3, weshalb in Fig. 4 für entsprechende Teile die gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 3 verwendet sind. Das Öl, das in diesem Fall sehr dünnflüssig ist, wird dem Kabel in fertigem Zustand durch den Ölkanal 33 zugeführt und verteilt sich über den ganzen Querschnitt des Kabels innerhalb des Bleimantels. Der Ölkanal steht in bekannter Weise mit einem Expansionsgefäß in Verbindung. Das Papierband in der Isolierung ist in diesem Fall vorzugsweise aus drei Schichten aufgebaut, von denen die Fasern der beiden äußeren Schichten im wesentlichen in Längsrichtung des Bandes sowie die Fasern der inneren Schicht im wesentlichen in Querrichtung des Bandes orientiert sind. Die beiden äußeren Schichten haben eine Dicke von 25 µm und die innere Schicht hat eine Dicke von 40 µm.

Es ist auch möglich, die Isolierung eines Kabels aus zusammengesetzten Papierbändern unterschiedlicher Dicke aufzubauen, wobei die jeweilige Dicke des zusammengesetzten Bandes von seiner radialen Lage in der Isolierung abhängt. Ferner kann die Isolierung auch so aufgebaut sein, daß zusammengesetzte Papierbänder nur in einem bestimmten radialen Bereich oder mehreren radialen Bereichen verwendet werden, z. B. unmittelbar am Leiter und in dem äußeren Teil der Isolierung, während die übrige Isolierung aus herkömmlichen Papierbändern besteht.

Wenn auch die Erfindung vorzugsweise am Beispiel von Einleiterkabeln beschrieben wurde, so ist sie selbstverständlich auch bei Mehrleiterkabeln verwendbar.

Fig. 3

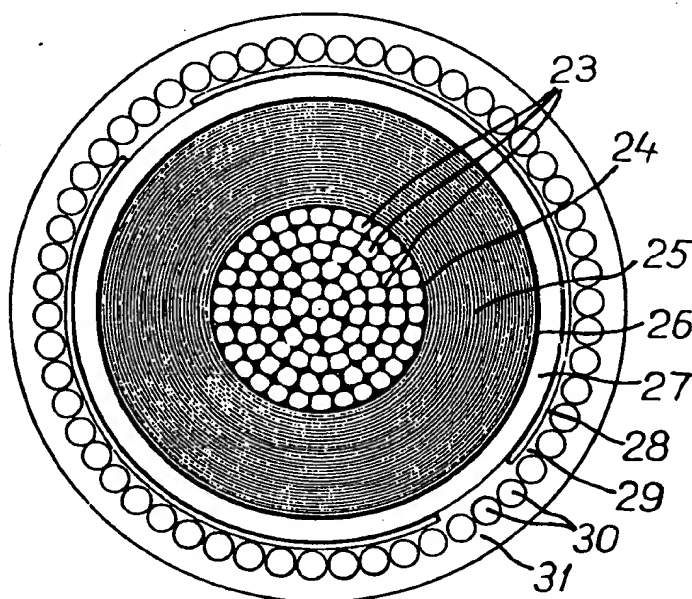


Fig. 4

